

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им Д. И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Заместитель генерального директора

А. Н. Пронин



16 » января 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

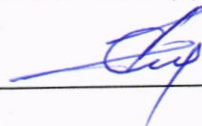
Установка аэродинамическая измерительная малых скоростей ТЭМС 270-40

МП 2550-0417-2024

Методика поверки

Руководитель отдела

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 К. В. Попов

Санкт-Петербург
2024

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на Установку аэродинамическую измерительную малых скоростей ТЭМС 270-40 (далее – ТЭМС), и устанавливает методику ее первичной и периодической поверки.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость ТЭМС к государственному первичному специальному эталону единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150-2012 в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2019 года №2815 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений скорости воздушного потока».

Методика поверки не предусматривает проведения поверки отдельных измерительных каналов и отдельных автономных блоков из состава средства измерений, для меньшего числа измеряемых величин и на меньшем числе поддиапазонов измерений.

Методика поверки реализуется методом непосредственного сличения поверяемого СИ с эталонами той же величины.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1- Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений:	да	да	9
Определение диапазона воспроизводимых скоростей	да	да	9.1
Определение нестабильности поддержания скорости	да	нет	9.2
Определение неравномерности поля скоростей в выходном сечении сопла	да	нет	9.3
Определение абсолютной погрешности воспроизведения скорости воздушного потока	да	да	9.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

2.2. Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается.

2.3. Средства измерений утвержденного типа, входящие в состав ТЭМС, поверяются в соответствии с их методиками поверки, с соблюдением установленного межповерочного интервала на данные средства измерений.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5 ;
относительная влажность воздуха, % от 30 до 90;
атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

Время выдержки приборов во включенном состоянии до проведения поверки должно быть

не менее 15 минут.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию технологического оборудования и средств поверки.

4.2 К работе по поверке ТЭМС должны допускаться лица, один из которых аттестован в качестве поверителя, изучил эксплуатационную документацию поверяемой ТЭМС и средств поверки и имеет навыки эксплуатации средств поверки.

4.3 При проведении поверки допускается участие оператора, обслуживающего установку по месту эксплуатации.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки применяют нижеперечисленные средства поверки и вспомогательное оборудование:

Таблица 2 — Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 % с погрешностью не более 5%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа;	Прибор комбинированный Testo 605-H1, рег.№ 17740-12 Барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег.№ 5738-76
п. 9 Определение метрологических характеристик	Эталон единицы скорости воздушного потока, соответствующий требованиям к эталонам не ниже вторичного по государственной поверочной схеме для средств измерений скорости воздушного потока, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2019 г. № 2815, в диапазоне значений от 0,1 до 40 м/с	ГЭТ 150-2012 ГПСЭ единицы скорости воздушного потока

5.2 Все эталоны и средства измерений (рабочие эталоны) должны иметь действующие аттестаты или свидетельства о поверке, сведения о поверке размещены в ФИФ.

5.3 Допускается применение средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При поверке необходимо соблюдать требования:

- правил ТБ при эксплуатации электроустановок;
- требований безопасности при эксплуатации применяемых средств измерений, приведенных в эксплуатационной документации.

6.2 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие ТЭМС следующим требованиям:

- СИ и устройства, входящие в состав ТЭМС, не должны иметь механических дефектов, способных повлиять на результаты поверки и препятствующих чтению надписей, маркировки, показаний;

- отсутствие видимых механических повреждений соединительных кабелей;

- органы управления (если таковые имеются) должны перемещаться без заеданий.

7.2 По результатам внешнего осмотра принимается решение о проведении дальнейшей поверки или ее прекращении до устранения выявленных недостатков.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие формуляра на ТЭМС;

- проверить соблюдение требований п.3.1;

- проверить соответствие маркировки, заводского (серийного) номера и комплектности СИ и устройств, входящие в состав ТЭМС, данным формуляра.

8.2 Опробование

При опробовании ТЭМС устанавливается работоспособность устройств и СИ, входящих в состав, в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона скоростей воздушного потока

Определение минимальной воспроизводимой скорости проводится на установке ТЭМС.

На установке аэродинамической ТЭМС задают скорость 0,1 м/с, контролируя по показаниям эталона. При необходимости нужно уменьшить либо увеличить частоту вращения вентилятора до достижения необходимой скорости (0,1 м/с).

Определение максимальной воспроизводимой скорости проводится на установке ТЭМС.

На установке аэродинамической ТЭМС задают скорость 40 м/с, контролируя по показаниям эталона. При необходимости нужно уменьшить либо увеличить частоту вращения вентилятора до достижения необходимой скорости (40 м/с).

Результаты определения минимальной и максимальной скоростей представляются в виде протокола №1 (см. приложение А).

9.2 Определение нестабильности поддержания скорости.

Испытания проводятся при трех значениях частоты вращения вентилятора n , соответствующих скоростям: $V = 0,1, 10$ и 40 м/с.

Устанавливается заданная частота вращения вентилятора n_1 и в течение 10 мин. производятся отсчеты с интервалом в 1 мин. Такие же испытания проводятся для частоты вращения вентилятора, соответствующей остальным скоростям потока.

Для каждого отсчета при $n=\text{const}$ фиксируются показания скорости V_i , затем рассчитывается средняя скорость

$$V_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i \quad (1)$$

и относительное среднеквадратическое отклонение

$$\bar{S}_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{V_i - V_{cp}}{V_{cp}} \right)^2} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где N-число отсчетов

Оценка случайной составляющей относительной погрешности от нестабильности скорости при доверительной вероятности $P = 0,95$ и объеме измерений $n > 10$ представляется в виде:

$$\delta_{cm} = 2\bar{S}_v \quad (3)$$

Результаты определения нестабильности поддержания скорости положительные, если выполняется условие:

$$\delta_{ct} \leq \frac{1}{3} \cdot \frac{(0,015 + 0,015 \times V_{cp})}{V_{cp}} \cdot 100, \% \quad (4)$$

9.3 Определение неравномерности поля скоростей в выходном сечении сопла.

Для определения неравномерности поля скоростей в выходном сечении сопла проводят измерения местных скоростей в точках, расположенных на горизонтальной оси симметрии измерительного сопла при скоростях воздушного потока: 0,5, 10-20 и 30-40 м/с.

Таблица 3

№№	Значения координат	0,5		15,0		30,0	
	Y, мм	V, м/с	η_i	V, м/с	η_i	V, м/с	η_i
1	0						
2	25						
3	50						
4	75						
5	100						
6	125						
7	-25						
8	-50						
9	-75						
10	-100						
11	-125						
V_{cp}							
S_p							
δ_p							

Для каждой i-ой точки и $V = \text{const}$ рассчитывается местный коэффициент скоростного напора μ_i по следующим соотношениям (5.1 либо 5.2):

$$\mu_i = \frac{\Delta P_{эi} K_3}{\Delta P_{cp}}, \quad (5.1)$$

$$\mu_i = \left(\frac{V_i}{V_{cp}} \right)^2, \quad (5.2)$$

где:

$\Delta P_{эi}$ – местный скоростной напор, определенный с помощью трубки Пито (Па);

K_3 - коэффициент трубки Пито по давлению;

ΔP_{cp} – среднее значение скоростного напора, определенное с помощью трубки Пито по всем

точкам (Па).

Затем для каждой скорости рассчитывается средний коэффициент μ_{cp} ,

$$\mu_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mu_i \quad (6)$$

где N-число точек в сечении

а также для каждой точки параметр η_i

$$\eta_i = \frac{\mu_i}{\mu_{cp}} \quad (7)$$

и его среднеквадратическое отклонение S_η

$$S_\eta = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\mu_i}{\mu_{cp}} - 1 \right)^2} \quad (8)$$

Оценка случайной составляющей погрешности определения параметра η при доверительной вероятности $P = 0,95$ и объеме выборки $N > 10$ представляется соотношением $\delta_\eta = 2S_\eta$.

Требования к неравномерности поля скоростных напоров формируются в виде соотношения

$$1,01 \geq \frac{\mu_i}{\mu_{cp}} \geq 0,99 \quad (9)$$

Неравномерность поля скоростных напоров будет допустимой, если $\delta_\eta \leq 0,02$.

9.4 Определение погрешности воспроизведения скорости воздушного потока

Если на анемометр эталонный из состава поверяемой установки имеется действующее свидетельство о поверке, то операции по данному пункту не выполняются.

Задают значения скорости (не менее 5), равномерно распределенные в диапазоне от 0,1 до 40,0 м/с, включая крайние точки диапазона:

При каждом значении скорости снимают синхронные отсчеты с интервалом не менее 30 с по ГЭТ-150-2012 и эталонному анемометру из состава поверяемой установки.

Определяют разность показаний между анемометром поверяемой установки и ГЭТ 150-2012 по формуле:

$$\Delta V = V_a - V_э \quad (10)$$

где:

ΔV – разность показаний эталона и исследуемого анемометра, м/с;

$V_э$ – значение скорости по эталону, м/с;

V_a – значение скорости по анемометру, м/с.

По результатам исследований для каждого номинального значения заданной скорости определяется погрешность анемометра ($\overline{\Delta V}_j$):

$$\overline{\Delta V}_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta V_{ij}}{10} \quad (11)$$

Эталон считают прошедшим поверку, если абсолютная погрешность при воспроизведении скорости воздушного потока в каждой точке не превышает следующего значения:

$$\Delta V = \pm(0,015 + 0,015 \cdot V) \quad (12)$$

9.5 При выполнении условий п.п. 9.3.1-9.3.4 пределы допускаемой абсолютной погрешности ТЭМС при воспроизведении скорости воздушного потока составляют:

$\Delta v = \pm(0,015 + 0,015 \cdot V)$ – в диапазоне от 0,1 до 40 м/с.

10. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

СИ соответствует метрологическим требованиям, если его характеристики соответствуют приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизведения скорости воздушного потока, м/с	от 0,1 до 40
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения скорости воздушного потока в зоне равных скоростей м/с	$\pm(0,015 + 0,015 \cdot V)$ где V - скорость воздушного потока, м/с

СИ соответствует обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к установкам аэродинамическим измерительным, применяемым в качестве рабочего эталона в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений скорости воздушного потока, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 25.11.2019 № 2815, если его характеристики соответствуют приведенным в таблице 5.

Таблица 5 - Метрологические характеристики рабочего эталона

Рабочий эталон	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений Δ , м/с
Установки аэродинамические измерительные	$(0,0006-0,2) + (0,005-0,04)V$ где V - скорость воздушного потока, м/с

При соответствии пределов абсолютной погрешности измерений установки этим требованиям она признается прошедшей поверку по данному пункту.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки внести в протокол, форма которого приведена в приложении А.

11.2 Положительные результаты первичной/периодической поверки ТЭМС оформляют записью в формуляре, заверенной поверителем (подпись поверителя, расшифровка подписи и дата поверки) и удостоверенной оттиском клейма, и (или) выдают свидетельство о поверке установленного образца.

11.3 При отрицательных результатах периодической поверки ТЭМС бракуют с выдачей извещения о непригодности установленного образца.

11.4 Результаты поверки заносят в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Протоколы поверки трубы аэродинамической ТЭМС

Заводской номер _____
 Год выпуска _____
 Принадлежит _____
 Вид поверки _____
 Средства поверки _____
 Эталонное оборудование _____

	Данные при измерениях	
	$V_{\min}$, м/с	$V_{\max}$, м/с
V		
$\bar{S}_v$		
δ'_v		

Определение стабильности поддержания скорости

V , м/с	t , мин	V_i	$V_{\text{ср}}$	$\delta_{\text{ст}}$
	0			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			

Определение погрешности воспроизведения скорости воздушного потока

№№	Эталонная скорость, м/с	Показания анемометра, м/с	Абсолютная погрешность, м/с	Допускаемая погрешность, м/с
1				
...				

Определение неравномерности поля скоростей в выходном сечении сопла

№№	Значения координат	0,5		15,0		30,0	
	Y, мм	V, м/с	η_i	V, м/с	η_i	V, м/с	η_i
1	0						
2	25						
3	50						
4	75						
5	100						
6	125						
7	-25						
8	-50						
9	-75						
10	-100						
11	-125						
$V_{cp.}$							
S_p							
δ_p							

Установка аэродинамическая измерительная малых скоростей
ТЭМС 270- признана _____ к эксплуатации.
(годен, не годен)

Дата поверки " ____ " _____ 20__ г.

Поверитель _____ / _____ /
(подпись) (Ф.И.О.)